Lane Medical Libra

Aus dem Institut für physikalische Therapie und Röntgenologie in München.
(Leiter: Professor Dr. Böhm)

Untersuchungen über Blutdruck und Puls bei dosierter Arbeit und gymnastischen Übungen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwigs-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Thea Budnick.

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juni 1933

Kallmünz
Buchdruckerei von Michael Laßleben
1934.

Referent: Prof. Dr. Böhm.

Untersuchungen über Blutdruck und Puls bei dosierter Arbeit und gymnastischen Übungen.

Die ersten Versuche, die Beziehungen zwischen körperlicher Arbeit und Herztätigkeit beim Menschen klarzulegen, machten Christ 1894 und Staehelin 1897, der die Methode von Christ etwas verbesserte. Sie ließen ihre Versuchspersonen am Tretergostaten arbeiten und untersuchten den Einfluß der Arbeit auf die Pulsfrequenz. Sie fanden, daß die Pulsfrequenz beim gesunden Menschen bis zu einem gewissen Grade mit der Größe der Arbeitsleistung zunimmt und das Steigen des Pulses bei einer gewissen Arbeitsleistung aufhört. Etwas später haben Tangel und Zuntz Blutdruckuntersuchungen nach körperlicher Arbeit am Hund angestellt und bei beginnender Arbeit erst eine kurze Senkung des systolischen Blutdruckes und dann Steigung beobachtet. Masing war einer der ersten, der den Einfluß der Muskelarbeit auf den Blutdruck des Menschen während der Arbeit untersuchte. Zu diesem Zwecke hatte er sich einen eigenen Apparat gebaut, mit dessen Hilfe er die Arbeit genau dosieren konnte. Er fand, daß die Blutdruckkurven junger Leute während der Arbeit nach dem primären Anstieg mehr oder weniger parallel zur Abszisse verlaufen. Später haben verschiedene Autoren nach Beziehungen zwischen Blutdruck und Puls, Atmung, Herzgröße und Schlagvolumen gesucht. Bis heute sind noch keine sicheren direkten Beziehungen dieser Kreislaufkomponenten untereinander gefunden worden. In den letzten Jahren, in denen der Sport sehr in den Vordergrund getreten ist, spielten natürlich die Untersuchungen der Kreislaufreaktionen bei den einzelnen sportlichen Betätigungen, wie Laufen, Ringen, Schifahren, Radfahren, Schwimmen und Rudern eine große Rolle. Bei all diesen Untersuchungen handelt es sich meistens um maximale körliche Leistungen, wie sie eben nur beim Wettkampf zu finden sind. Bei den Blutdruckuntersuchungen wurde fast immer nur Wert auf das Verhalten des systolischen Druckes gelegt, und erst in letzter Zeit haben mehrere Autoren auch dem diastolischen Blutdruck nach körperlicher Arbeit ihre Aufmerksamkeit zugewandt und nach Beziehungen zwischen der Amplitude und dem systolischen und dem diastolischen Druck gesucht. Schellon war der erste, der darauf aufmerksam machte, daß bei einer bedeutenden Anzahl von Personen, vornehmlich Vasoneurotikern, sich ein abnormes Senken des diastolischen Blutdruckes nach körperlicher Arbeit einstellt. Mateef und Petroff haben ebenfalls Untersuchungen über das Verhalten des diastolischen Blutdruckes gemacht und 3 bestimmte Typen gefunden: Beim ersten Typ fanden sie ein Gleichbleiben des diastolischen Druckes nach der

Arbeit, beim zweiten Typ ein Ansteigen des diastolischen Druckes und beim dritten Typ sank der diastolische Druck nach der Arbeit sehr stark herab. Martini und Thaddea haben Untersuchungen über Blutdruckamplituden und ihre Größenverhältnisse zum systolischen Druck bei Menschen mit normalen Gefäßen und bei Arteriosklerose festzusetzen versucht und bestimmte Verhältniswerte der Amplitude zum systolischen Druck bei normalen und arteriosklerotischen Gefäßen gefunden. Mußler und Rückle haben nach Beziehungen der Blutdruckkomponenten untereinander gesucht und ein bestimmtes Wertverhältnis von Amplitude zu Minimaldruck bestimmt, das nach ihren Untersuchungen 2:3 beträgt. Nach Schellon repräsentiert der diastolische Druck den Widerstand in der Strombahn. Das Absinken des diastolischen Druckes ist eine abnorme Gefäßreaktion auf körperliche Arbeit im Sinne einer Erweiterung und ist eine Arbeitsreaktion. Bansi, Schellon, Groscurth, Mateef und Petroff sind alle der Ansicht, daß dieses Sinken des diastolischen Blutdruckes auf eine abnorme Erweiterung der Gefäße zurückzuführen ist. Während aber Bansi und Groscurth dies für eine zweckmäßige Reaktion halten, glauben die anderen, daß dieser Reaktion eine Insuffizienz der Blutgefäße, bezw. ihrer Innervation zugrundeliegt.

Ich habe nun bei meinen Untersuchungen die einzelnen Versuchspersonen auf die vier Komponenten, systolischen und diastolischen Druck, Amplitude und Puls untersucht, um dann von diesem Gesichtspunkt aus vielleicht eine parallele Wirkung bei gymnastischen Übungen und bei dosierter Arbeit auf den Blutdruck zu finden und daraus auf die Arbeitsleistung, die bei den einzelnen Übungen vollführt wird, einen Schluß zu ziehen. Die Wirkung von 10—30 Kniebeugen auf den Blutdruck ist schon öfters untersucht worden, da diese Übung als dosierte Arbeit bei Leistungsprüfungen genommen wurde. Meistens wurde die Zeit, in der die Kniebeugen gemacht wurden, nicht berücksichtigt. Schon aus diesem Grunde geben diese Leistungsprüfungen kein sicheres Bild von der Leistungsfähigkeit des Organismus. Herxheimer lehnt zusammen mit Herrik und Staehelin das Verhalten des Blutdruckes und Pulses nach Arbeit für Herzfunktionen überhaupt ab.

Als dosierte Arbeit diente bei meinen Versuchen eine bestimmte Arbeit an einem Fahrradergometer, an dem mittels eines Tachymeters dauernd eine gleiche Geschwindigkeit eingehalten werden konnte, während eine Bremsvorrichtung die genaue Belastung angab. Fast alle Versuchspersonen waren Schülerinnen der Heilgymnastik im Alter von 19—28 Jahren. Sie waren alle ärztlich untersucht und für gesund befunden worden. Die meisten hatten immer etwas Sport getrieben, waren aber nicht besonders gut durchtrainiert. Turnerisch waren sie soweit durchgebildet, daß sie die verhältnismäßig leichten Übungen gut und gleichmäßig ausführen konnten. Im ganzen hatte ich 45 Versuchspersonen. Von diesen haben nur 22 die Radfahrversuche und die gymnastischen

Übungen ausgeführt, während der Rest sich entweder bei den Radfahrversuchen oder bei den gymnastischen Übungen beteiligte.

Versuchsanordnung: Der Blutdruck wurde mittels Auskultation an der Arteria brachialis mit einem Dosenmanometer nach Riva-Rocci festgestellt, der von Zeit zu Zeit mit einem Quecksilbermanometer verglichen wurde. Der systolische wie der diastolische Druck wurden mit abnehmendem Druck gemessen, weil die Messung auf diese Art und Weise am schnellsten zu machen war. Ich benützte die Auskultationsmethode, weil sie für mich am bequemsten war und weil sie nach Weiß, der Vergleiche über die oszillatorische, auskultatorische und palpatorische Blutdruckmessung anstellte, die sicherste Methode ist. Der Blutdruck wurde nach Besteigen des Rades im Sitzen nach einiger Zeit der Ruhe gemessen. Die Messung wurde solange wiederholt, bis mehrere Messungen den gleichen Wert zeigten, um die vorhergegangenen Bewegungen und die psychischen Einflüsse nach Möglichkeit auszuschalten. Alle Werte wurden in die Kurve eingetragen, um ein Bild von der Schwankungsbreite der Ruhewerte zu bekommen. Dann mußte die betreffende Versuchsperson als Arbeitsleistung mit einer Geschwindigkeit von 20 km pro Stunde und einer Belastung von 1,5 kg 20 Minuten lang radfahren. Später habe ich aus den verschiedenen Gruppen noch einige Versuchspersonen bei einer Belastung von 2 kg und einer Geschwindigkeit von 20 km in der Stunde einige Minuten lang arbeiten lassen, um die Wirkung einer noch höheren Arbeit auf Blutdruck und Puls zu beobachten. Während der ganzen Arbeit blieb die Manschette am Arm, und mit Hilfe eines Schlauchstethoskopes, das am Arm befestigt blieb ohne die Werte zu beeinträchtigen, wurde der Blutdruck nach jeder Minute gemessen. Der Puls wurde gleich hinterher durch leichtes Aufblasen der Manschette auskultatorisch 10 Sekunden lang gezählt. Nach Beendigung der Arbeit wurden der Blutdruck und die Pulsfrequenz noch 6—15 Minuten lang verfolgt. Der Kontrolle wegen ließ ich alle Arbeitsversuche zweimal an verschiedenen Tagen ausführen.

Vor den gymnastischen Übungen mußten die Versuchspersonen entweder im Liegen, Stehen oder Sitzen, je nach Art der Übung, solange in Ruhe verharren, bis genügend gleichmäßige Anfangswerte vorhanden waren. Dies ist wichtig zur Beurteilung des Anstiegs, denn nach den Untersuchungen von Christ, die ich auch immer wieder bestätigt fand, findet ein Ansteigen des Pulses statt, wenn der Körper aus liegender Stellung in stehende gebracht wird. Dabei sinkt der systolische Druck, während der diastolische Druck steigt. Nachdem die Ruhewerte bestimmt waren, wurden die Übungen mit angelegter Manschette ausgeführt, damit sofort nach der Übung der Blutdruck gemessen werden konnte. Der Puls wurde von einer zweiten Person nur in den ersten 10 Sekunden nach der Arbeit gezählt, weil das Zählen eine halbe oder eine ganze Minute lang falsche Werte ergeben hätte. Ich habe die Übungen nach der Art der belasteten Muskeln eingeteilt: In Übungen zur Stärkung der

Bauchmuskulatur, der Rückenmuskulatur, in Beinübungen und in kombinierte Übungen. In den meisten Fällen habe ich mich darauf beschränkt, nur ganz einfache Übungen, die keine besondere Geschicklichkeit verlangten, ausführen zu lassen, damit sie von allen gleichmäßig gut ausgeführt werden konnten. Es wurden fast durchweg Übungen gewählt, die für die Heilgymnastik von praktischer Bedeutung sind. Es wurde sehr darauf gesehen, daß bei den einzelnen Personen die gleiche Zeit und die gleiche Geschwindigkeit eingehalten wurde, um möglichst gültige Vergleichswerte zu erhalten. Mit jeder neuen Übung wurde erst dann begonnen, wenn die betreffende Person sich wieder vollkommen in Ruhe befand. Auch durfte jede der Versuchspersonen nur 3—4 Übungen an einem Tage machen um den Einfluß der Ermüdung nach Möglichkeit auszuschalten.

Der systolische Druck war in allen Fällen während der Arbeit am Fahrradergometer gestiegen. Er stieg innerhalb der ersten 3—5 Minuten an, blieb entweder einige Minuten auf seinem Höhepunkt bestehen oder sank sofort wieder etwas ab, um dann entweder auf dieser Höhe bis zum Schluß stehen zu bleiben, oder langsam gegen Ende der Arbeit abzusinken. Ein vollkommenes Gleichbleiben des systolischen Druckes während der Arbeitszeit habe ich kaum beobachten können. Sehr groß war der Abfall vom Maximum der Steigung ab gemessen bei keiner Kurve analog den Beobachtungen Masings, der allerdings mit geringerer Belastung arbeiten ließ. Gegen Ende der Arbeit lag der systolische Druck meistens um 10—15 mm unter dem errechneten Durchschnittswert der systolischen Blutdruckkurve während der Arbeit. Der Durchschnittswert des systolischen Blutdruckes befand sich während der Arbeit bei den verschiedenen Personen zwischen 125 und 170 mm Hg. Die Schwankungsbreite betrug dabei im Minimum ± 2 und im Maximum ± 10 bei der gleichen Arbeitsbelastung. Für die absolute Senkung des systolischen Druckes gegen Ende der Arbeit ergibt dies also Werte 0—35 mm Hg vom höchsten Anstieg ab gemessen. Die systolische Blutdruckerhöhung während der Arbeit war im Durchschnittswert bei den einzelnen Versuchspersonen verschieden und bewegte sich zwischen einer Zunahme von 12—56 mm Hg, bei einer Schwankungsbreite von ± 2 bis ± 10 mm Hg. Der diastolische Druck lag während der Arbeit in einem Teil der Fälle unter dem Anfangswert, in einem anderen Teil der Fälle bewegte er sich um den Anfangswert und zeigte größere oder kleinere Schwankungen. Gegen Ende der Arbeit sank er meistens um einige mm Hg herab. Die Amplitude war bei allen Versuchspersonen während der Arbeit vergrößert. Die Mittelwerte bewegten sich zwischen 53 und 111 mm Hg bei den verschiedenen Personen mit einer Schwankungsbreite von ± 7 bis ± 17. In mehreren Fällen nahm sie gegen Ende der Arbeit etwas zu. Dies wurde hauptsächlich dadurch hervorgerufen, daß der diastolische Druck stärker als der systolische Druck absank. Vielleicht wird dadurch eine Zunahme des Schlagvolumens ausgedrückt. So sind

Bansi und Groscurth der Meinung, daß die große Amplitude nach der Arbeit eine Folge des erhöhten Schlagvolumens ist. Der Puls war bei den einzelnen Versuchspersonen während der Arbeit auch sehr verschieden. Der Mittelwert während der Arbeit lag zwischen 113 und 176 Schlägen in der Minute, bei einer Schwankungsbreite für die einzelnen Personen von ±2,5 bis ±10 Schlägen in der Minute.

Das Minimum der Pulszunahme war 31 Schläge in der Minute, das Maximum 78 Schläge in der Minute. In der Ruhe lagen die Werte für den systolischen Druck zwischen 105 und 120 mm Hg und für den diastolischen Druck zwischen 65 und 90 mm Hg und zeigten im Einzelfall eine Schwankungsbreite von 2,5—7,5 mm Hg für beide Drucke. Der Puls lag in der Ruhe zwischen 70 und 86 Schlägen in der Minute. Aus dem Verhalten des systolischen und des diastolischen Druckes, der Amplitude und des Pulses während der Arbeit lassen sich 3 verschiedene Gruppen unterscheiden. Bildlich lassen sich die Gruppen in einfacher Weise dadurch trennen, daß Pulszahlen und Druckhöhe in mm Hg ähnliche absolute Meßzahlen aufweisen, sodaß bei Eintragen in ein und dasselbe Zahlenschema sich typische Bilder ergaben, welche als Grundlage der Gruppeneinteilung dienen können.

Gruppe I.

			Schwankungsbreite		Zunahme	
Puls:	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Ruhewert:	86	76				
Mittelwert während der Arbeit:	160	145	±10	±2	+78	+50
Mittelwert bei Höherbelastung	170	150	±10	±5	+66	+60
Systol. Druck:						
Ruhewert:	120	105	±5	±0	—	—
Mittelwert während der Arbeit:	152	128	±10	±3,5	+43	+18
Mittelwert bei Höherbelastung:	140	129	±4	—	+40	+29
Diast. Druck:						
Ruhewert:	80	75	±10	±0	—	—
Mittelwert während der Arbeit:	79	59	±7	±2,5	+4	—22
Mittelwert bei Höherbelastung:	85	84	±3	—	+10	+4

			Schwankungsbreite		Zunahme	
Amplitude:	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Ruhewert:	46	21	±6	±1		
Mittelwert während der Arbeit:	104	53	±12,3	±7	+75	+24
Mittelwert bei Höherbelastung:	55	46	±7	—	+26	+21

Gruppe I zeichnet sich dadurch aus, daß der Puls während der Arbeit im Mittelwert um 10—32 Teilstriche in der Kurve über dem Mittelwert des systolischen Druckes liegt. Der systolische Druck fällt meistens gegen Ende der Arbeit zusammen mit dem diastolischen Druck etwas ab. Der diastolische Druck ist in fast allen Fällen etwas gesunken, nur in einem Fall gestiegen, erst bei Höherbelastung steigt der diastolische Druck regelmäßig, während der systolische Druck und der Puls sich kaum gegenüber den Werten bei der leichteren Arbeit verändern. Die Amplitude wird dadurch kleiner. Der Blutdruck erreichte 2—4 Min. nach der Arbeit seinen Ruhewert. Der Puls war bei sämtlichen Personen 5 Minuten nach der Arbeit noch nicht zur Ruhe zurückgekehrt.

Gruppe II.

			Schwankungsbreite		Zunahme	
Puls:	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Ruhewert:	80	71	±2	±0	—	—
Mittelwert während der Arbeit:	150	120	±8	±5	+62	+36
Mittelwert bei Höherbelastung:	164	132	±5	±2	+78	+55
Systol. Druck:						
Ruhewert	120	105	±5	±0		
Mittelwert während der Arbeit:	155	138	±7	±3	+50	+18
Mittelweg bei Höherbelastung	168	148	±5	±2	+54	+38
Diast. Druck:						
Ruhewert	85	65	±6	±1	—	—
Mittelwert während der Arbeit:	84	50	±8	±2	+15	—15
Mittelwert bei Höherbelastung:	79	71	±5	±2,5	+9	—6

			Schwankungsbreite		Zunahme	
Amplitude:	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Ruhewert:	55	25	±2	±1	—	—
Mittelwert während der Arbeit:	96	58	±15,5	±6	+60	+14
Mittelwert bei Höherbelastung:	96	72	±9,5	±6	+61	+35

Gruppe III.

Puls:						
Ruhewert:	84	70	±6	±0	—	—
Mittelwert während der Arbeit:	154	113	±6	±3	+70	+45
Mittelwert bei Höherbelastung:	156	135	±5	—	+70	+60
Syst. Druck:						
Ruhewert:	126	110	±4	±0	—	—
Mittelwert während der Arbeit:	168	133	±5	±4	+51	+43
Mittelwert bei Höherbelastung:	176	153	+11	+4	+56	+43
Diast. Druck:						
Ruhewert:	75	65	±4	±0		
Mittelwert während der Arbeit:	68	36	±10	±6	—12	—38
Mittelwert bei Höherbelastung:	60	18	±15	±9	—15	—52
Amplitude:						
Ruhewert:	40	30	±6	±1	—	—
Mittelwert während der Arbeit:	108	75	±15	±10	+94	+35
Mittelwert bei Höherbelastung:	135	108	±19	±14	+97	+50

Zur zweiten und dritten Gruppe gehören alle diejenigen, bei denen sich der Puls während der Arbeit nicht über den systolischen Druck erhebt. Er liegt um 3—43 Teilstriche in der Kurve unter dem Durchschnittswert des systolischen Druckes.

Bei der zweiten Gruppe hat sich der diastolische Druck während der Arbeit nur wenig durch Sinken oder Steigen verändert. Der systolische Druck ist etwas höher gestiegen als bei der ersten Gruppe. Die Amplitude ist im Durchschnitt etwas kleiner während der Arbeit, als bei Gruppe I. Dies ist bedingt durch das Verhalten des

diastolischen Druckes. Der Puls ist während der Arbeit so hoch gestiegen wie bei Gruppe I. In dieser Gruppe besteht eine deutliche Beziehung zwischen der Größe der Amplitude und der Höhe der Pulszahl. Je höher die Pulszahl, umso kleiner ist die Amplitude und umgekehrt. Der Blutdruck ist in den meisten Fällen 3—4 Minuten nach der Arbeit zur Norm zurückgekehrt und schwankt dann nur soviel wie im Ruhestadium. Der Puls ist nach 5 Minuten noch nicht zur Ruhe zurückgekehrt. Bemerkenswert ist bei dieser Gruppe vor allen Dingen, daß bei einer Höherbelastung der systolische Druck nur um einige mm Hg ansteigt. Der diastolische Druck bleibt fast unverändert oder steigt auch nur um wenige mm Hg an. Die Amplitude bleibt also fast unverändert gegenüber der geringeren Belastung, während der Puls in den meisten Fällen bedeutend ansteigt und sich in gleicher Höhe wie der systolische Druck befindet. Die Art der Beruhigungskurven unterscheidet sich kaum von denen bei geringerer Arbeitsbelastung.

Bei der dritten Gruppe fand ich für das Ansteigen des systolischen Druckes und des Pulses die gleichen Bedingungen wie bei der zweiten Gruppe, nur das Verhalten des diastolischen Druckes und damit auch das Verhalten der Amplitude ist anders. Der diastolische Druck sinkt sehr stark während der Arbeit und vor allem gegen Ende der Arbeit. Deshalb sind die errechneten Durchschnittswerte für den diastolischen Druck verhältnismäßig hoch und geben kein genaues Bild vom Verlauf der diastolischen Kurve. Die Amplitude zeigt hohe Mittelwerte; bei der schon oben angegebenen Höherbelastung steigt der systolische Druck noch etwas mehr als bei der geringeren Arbeit an, der Puls nimmt auch nur um einige Schläge in der Minute mehr zu als bei der gewöhnlichen Arbeit, während der diastolische Druck sehr stark, besonders gegen Ende der Arbeit, abfällt. Die Amplitude ist gegen Ende der Arbeit sehr groß. Die Beruhigung erfolgte ähnlich wie bei den anderen Gruppen, sodaß der Blutdruck seinen Anfangswert 3—4 Minuten nach Aufhören der Arbeit erreicht. Die Amplitude wird in den darauffolgenden Minuten verhältnismäßig klein, entweder durch Sinken des systolischen oder durch Steigen des diastolischen Druckes. Der Puls ist 5 Minuten nach der Arbeit noch nicht zum Ruhewert zurückgekehrt.

Ich möchte noch die Kurven von 2 Versuchspersonen erwähnen, die die gleiche Arbeit wie die anderen leisteten, aber ein atypisches Verhalten zeigten. Die eine hatte vor einiger Zeit eine eiterige Angina durchgemacht und rauchte sehr viel. Am Herzen war außer einem betonten 2. Pulmonalton kein pathologischer Befund zu erheben. Die andere hatte ihren Kräftezustand durch eine Hungerkur sehr geschädigt. Die erste arbeitete 12 Minuten lang. Der systolische Druck stieg von 120 auf 160 mm Hg und blieb in dieser Höhe bis zur 11. Arbeitsminute. Der diastolische Druck schwankte etwas um den Ruhewert, war im Mittel um +5 mm Hg gestiegen und blieb bis zum Schluß in dieser Höhe. Der Puls stieg ungefähr parallel zum Blutdruck und schnellte dann in der letzten Minute um 30 Schläge hinauf. Der systolische Druck sank in der

letzten Minute um 25 mm Hg, sodaß die Kurve des Pulses um 45 Teilstriche über der Kurve des systolischen Druckes lag. Dieser Umstand veranlaßte mich, mit dem Versuch aufzuhören. Die Blutdruckkurve zeigte nach der Arbeit keine Besonderheiten, außer daß die Amplitude ziemlich stark schwankte und einige Male durch Hinaufsteigen des diastolischen Druckes sehr klein wurde. Der Puls war nach $3^1/_2$ Minuten von 180 Schlägen auf 96 Schläge gesunken, stieg dann noch einmal bis auf 108 Schläge und war nach 10 Minuten wieder zu 96 Schlägen in der Minute zurückgekehrt. Der Ruhewert des Pulses betrug 72 Schläge in der Minute. Die Versuchsperson fühlte sich nach 10 Minuten wieder ganz wohl. Ich habe mit ihr keine Versuche mehr am Ergometer angestellt. Bei den Übungen zeigten ihre Blutdruckreaktionen keine Besonderheiten.

Bei der zweiten Person stieg der systolische Blutdruck in den ersten 5 Minuten von 115 auf 160 mm Hg und sank dann allmählich um 20 mm Hg bis zum Ende ab. Der diastolische Druck stieg anfangs etwas an, bewegte sich eine Zeit lang um den Anfangswert und sank dann bis zum Ende der Arbeit ungefähr um 20 mm Hg. Die Amplitude blieb, mit Ausnahme von kleinen Schwankungen, gleichgroß während der ganzen Arbeit und zeigte keine Besonderheiten. Sie betrug 75 $\pm$ 13 mm Hg, eine durchaus normale Größe. Die Pulskurve lag von Anfang an über der Kurve des systolischen Druckes und stieg gegen Ende der Arbeit langsam an. Zum Schluß erreichte sie einen Wert von 186 Schlägen in der Minute. Die betreffende Person hatte 19 Minuten gearbeitet. Das dauernde Steigen des Pulses, der zum Schluß der Arbeit um 45 Teilstriche über dem systolischen Blutdruckwert lag, ließ mich die Arbeit noch vor der 20. Minute abbrechen. Der systolische Blutdruck sank in der 1. Minute nach der Arbeit von 140 auf 120 mm Hg, in der 2. Minute auf 95 mm Hg und lag also, da der Ruhewert 115 mm betrug, 20 mm unter dem Ruhewert. Nach der 3. Minute betrug er ebenfalls 95 mm Hg. Der Puls war nach $2^1/_2$ Minuten auf den Anfangswert von 90 Schlägen in der Minute zurückgekehrt. Nach $3^1/_2$ Minuten hatte er den gleichen Wert. Der diastolische Druck blieb auf dem Arbeitsendwert von 50 mm Hg, also um 25 mm unter dem Ruhewert, bestehen. Weitere Werte konnte ich nicht mehr verfolgen, weil die Versuchsperson kollabierte.

Zum Schluß habe ich noch verschiedene Versuchspersonen die gleiche Arbeitsleistung verschieden lange ausführen lassen und habe Werte gefunden, die vollkommen parallel zu den längeren Arbeitskurven, die ich vorher erwähnt habe, verliefen. So war z. B. der systolische Druck nach 2—3 Minuten nicht so hoch wie nach 5 Minuten und höher als der nach 8—10 Minuten Arbeitszeit. Die Amplitude war auch meistens nach 3—5 Minuten am größten, sowohl durch den Hochstand des systolischen Druckes als auch durch einen größeren Tiefstand des diastolischen Druckes. Die Pulskurven verliefen ähnlich wie der systolische Druck. Wann die Amplitude und der systolische Druck ihr Maximum, der diastolische Druck sein Minimum erreichte, war individuell verschieden und

richtete sich nicht nach der Arbeitsbelastung, sondern nach der allgemeinen Reaktionsart der betreffenden Personen. Zu erwähnen wäre nur noch, daß die Beruhigungskurven bei Variationen der Beschäftigungsdauer sich nicht wesentlich voneinander unterschieden. Es war ziemlich gleich, ob die Person 3, 5, 8, 10 oder 15 Minuten gearbeitet hatte. Ab und zu kam es vor, daß die Beruhigungskurven nach längerer Arbeit, also nach 10 Minuten Arbeitszeit, 10 Minuten nach der Arbeit eine kleinere Amplitude zeigten, als entsprechend nach einer 5 Minuten langen Arbeitszeit, während die Beruhigungskurven nach 15 Minuten Arbeitszeit wieder ruhiger verliefen. Ein Sinken des systolischen Wertes einige Minuten nach der Arbeitszeit unter den Ruhewert habe ich nur selten, und dann nur um wenige Millimeter Hg, bemerkt. Auch ein geringes Sinken des diastolischen Wertes unter den Ruhewert fand nur selten nach der Arbeit statt, sodaß durchschnittlich die Amplitude sehr schnell ihren Ruhewert erreichte.

Eine Parallele hierzu konnte ich im Verhalten des Blutdruckes bei einigen Kniebeugeübungen beobachten. Nach 10 und 30 Kniebeugen zeigten Blutdruck und Puls bei einigen Versuchspersonen nicht so starke Reaktionen wie nach 20 Kniebeugen. Bei anderen Versuchspersonen war der höchste Anstieg des systolischen Druckes und des Pulses, der größte Abfall des diastolischen Druckes und das Maximum der Amplitude schon nach 10 Kniebeugen erreicht.

Wie ich schon oben erwähnt habe, war das Einhalten von entsprechenden Zeiten während der einzelnen Übungen eine große Wichtigkeit, um die Arbeitsleistung in der Minute gleich zu gestalten. Ich habe feststellen müssen, daß der Kreislauf umso mehr beansprucht wird, je langsamer eine bestimmte Art von Übungen ausgeführt wird. Z. B. habe ich bei einer Versuchsperson 10 Kniebeugen in 12 Sekunden, 10 Kniebeugen in 22 Sekunden und 20 Kniebeugen in 22 Sekunden ausführen lassen und entsprechende Werte gefunden, wie es aus nachstehender Tabelle zu ersehen ist.

Art der Übung:	Zahl der Übungen:	Zeit sek.	Druckzunahme syst.	Druckzunahme diast.	Zunahme der Amplitude	Pulszunahme
Kniebeugen	10	12	+15	—25	+40	+12
„	10	22	+35	—25	+60	+60
„	20	22	+45	—15	+60	+36

Diese Resultate werden damit erklärt, daß der Effekt der Muskelarbeit bei schneller Zusammenziehung ein besserer ist als bei langsamer, weil unter anderem die Schwungkraft der gehobenen Masse entlastend wirken soll. Auch die Ermüdung und die höhere Willensanspannung werden bei den gymnastischen Übungen, bei denen sich die Muskeln langsamer kontrahieren, großen Einfluß auf die Reaktionsart des Blutdruckes und des Pulses haben. Ferner habe ich die Beobachtung gemacht, daß ebenso wie bei den Arbeiten am Ergometer die 4 Komponenten des Kreislaufs, der systolische und der diastolische Druck, die Amplitude und der Puls sich

nicht nur nach der ganzen Arbeitsleistung einstellen, sondern sich vor allen Dingen nach der Arbeit, die in der Sekunde geleistet wird, richten. Bei den Übungen zur Stärkung der Bauchmuskulatur z. B. zeigte 10 maliges Heben und Senken der Beine in Rückenlage 10 Sekunden lang nicht so starke Kreislaufreaktionen wie das Heben und Senken der Beine in Rückenlage 10 Sekunden lang mit gleichzeitigem Heben des Rumpfes. Im letzteren Fall haben die Bauchmuskeln mehr Arbeit in der Sekunde leisten müssen. Ferner hängt die Kreislaufreaktion auch von der Zahl der Muskeln ab, die während der Übung in Tätigkeit sind. Je mehr Muskeln unter sonst gleichen Bedingungen beansprucht werden, umso höher steigt der Blutdruck. Die Übungen zur Stärkung der Rückenmuskeln und verschiedene andere Übungen, bei denen viele Muskeln beansprucht wurden, riefen einen größeren Anstieg des systolischen Druckes oder des Pulses oder der Amplitude hervor, als die Übungen zur Stärkung der Bauchmuskulatur. Die größere Betätigung der Atemmuskeln scheint auch blutdrucksteigernd zu wirken, denn bei Übungen mit regelmäßiger Atmung, bei denen, auf die Minute umgerechnet, die Atemzüge meist verdoppelt waren, erfolgte bei einem Teil der Fälle eine stärkere Reaktion des Blutdruckes, als bei den gleichen Übungen ohne regelmäßige Atmung. Allerdings läßt sich hier nicht erkennen, ob die Blutdruckerhöhung infolge der stärkeren Tätigkeit der Atemmuskeln oder durch irgendwelche chemische und physikalische Einflüsse oder durch direkte Wirkung auf die Nerven zustande kommt. Ich konnte ein Ansteigen des systolischen Druckes um 5—15 mm Hg über den Druck bei gewöhnlicher Atmung bei einzelnen Personen, die die gymnastischen Übungen mit regelmäßiger Atmung ausführten, beobachten. Im allgemeinen fand ich, daß die normalen gymnastischen Übungen keine sehr starke Beanspruchung des Kreislaufes hervorriefen. Bei sämtlichen Einzelübungen stieg der Zuwachs des systolischen Druckes nicht über 45 mm Hg, der diastolische Druck sank nicht mehr als um 35 mm Hg, die Amplitude hatte im Maximum um 60 mm zugenommen und der Puls stieg auch nicht um mehr als 42 Schläge in der Minute. Auch bei den verschiedenen gymnastischen Übungen, die 20 Minuten lang hintereinander ausgeführt wurden, war das Maximum der systolischen Blutdruckerhöhung nur 45 mm Hg, das Maximum der diastolischen Blutdrucksenkung nur 20 mm Hg, die Amplitude hatte um 55 mm zugenommen; die Pulserhöhung überstieg nicht 74 Schläge in der Minute.

Nachdem ich einen allgemeinen Bericht über die Wirkungsart der gymnastischen Übungen gegeben habe, will ich nachstehend das Resultat der einzelnen Übungen anführen. Ein größerer Teil der Versuchspersonen, vor allen Dingen solche, die an den Testversuchen teilgenommen haben, haben die unten erwähnten Übungen zur Stärkung der Bauchmuskulatur ausgeführt, damit ich einen Überblick bekam, wie groß die Schwankungsbreite der Reaktionswerte für sämtliche Versuchspersonen ist und ob sich bestimmte Durchschnittswerte für die einzelnen Übungen finden lassen. Die

anderen Übungen sind nur immer von einem kleineren Teil der Versuchspersonen ausgeführt worden, nachdem ich gesehen hatte, daß sich keine allzugroßen Verschiedenheiten zeigten.

Übungen zur Stärkung der Bauchmuskulatur:

1. Übung: Rückenlage, Radfahrbewegungen mit den Beinen in der Luft, bei ruhigem Oberkörper.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme zyst. Dr. Max.	Zyst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Amplit. Min.	Atemzüge
40	20	25	+25	0	—15	0	+35	0	

2. Übung: Rückenlage, Knie beugen, strecken, senken.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Amplit. Min.	Atemzüge
10	19	25—30	+15	0	+10	—10	+15	—10	—

3. Übung: Rückenlage, Knie beugen, strecken, senken mit regelmäßiger Atmung.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Amplit. Min.	Atemzüge pro sec wd.d.Arb.
10	16	25—30	+30	+6	+5	+1	+15	+5	20—24

4. Übung: Rückenlage, Knie beugen, strecken, senken.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Amplit. Min.	Atemzüge pro Min. wd.d.Arb.
15	17	50—55	+25	—5	+10	—10	+30	—15	—

5. Übung: Rückenlage, Knie beugen, strecken, senken mit regelmäßiger Atmung.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Amplit. Min.	Atemzüge pro Min.
15	14	40—55	+20	0	+15	—15	+30	—15	18—22

6. Übung: Rückenlage, beide Beine gestreckt heben bis zur Senkrechten und wieder senken.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungszeit sec	Znnahme syst. Dr. Max.	Syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Amplit. Min.	Atemzüge pro Min.
10	20	25—35	+20	—5	+10	—25	+10	—5	

7. Übung: Rückenlage, beide Beine gestreckt heben bis zur Senkrechten und wieder senken mit gleichmäßiger Atmung.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungszeit sec.	Zunahme syst. Dr. Max.	Syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Amplit. Min.	Atemzüge pro Min. wd.d.Arb.
10	17	30—40	+30	0	+10	—10	+25	0	20—24

8. Übung: Rückenlage, Rumpfheben.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungs-zeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Min.	Atemzüge pro Min. wd.d.Arb.
10	16	30—40	+15	—10	+10	—10	+25	—15	—

9. Übung: Rückenlage, Rumpfheben mit gleichmäßiger Atmung.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungs-zeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Min.	Zanahme d. Amplit. Max.	Min.	Atemzüge pro Min. wd.d.Arb.
10	15	40—45	+5	0	+5	—5	+10	—5	14—15

10. Übung: Rückenlage, Rumpf- und Beinheben gleichzeitig.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungs-zeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Min.	Atemzüge pro Min. wd.d.Arb.
10	18	35—45	+20	0	0	—20	+15	+5	—

11. Übung: Rückenlage, Rumpf- und Beinheben gleichzeitig mit gleichmäßiger Atmung.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungs-zeit sec.	Zunahme syst. Dr. Max.	Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Min.	Zunasme d. Amplit. Max.	Min.	Atemzüge pro Min. wd.d.Arb.
10	13	40—45	+20	+5	+10	0	+25	+5	14—15

Übungen zur Stärkung der Rückenmuskeln.

12. Übung: Bauchlage, Arm- und Beinheben gleichzeitig.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungs-zeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Min.	Zunahme diast. Dr. Max	Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Min.	Zunahme Puls Max.	Min.
5	5	12—20	+15	0	+10	0	+5	0	+24	+10
13. Übung:										
10	8	20—30	+20	+5	+5	—10	0	0	+26	+18

Bauchlage, Arm- und Beinheben gleichzeitig, ausgeführt von einer Person.

Zahld. Übung.	Zahld. Pers.	Übungs-zeit sec	Zunahme syst. Dr.	Zunahme diast. Dr.	Zunahme d. Amplit.	Zunahme d. Pulses
3	1	20	+20	0	+20	+12
5	1	20	+15	0	+15	+24
10	1	31	—15	+5	—20	+28
Einige Sek. nach Beendigung d. letzten Übung.			+5	—10	+15	0

Verschiedene Übungen:

14. Übung: Rumpfversenkthalte, Armschlagen seitwärts mit Rumpfdrehen.

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
10 nach jeder Seite	5	30	+25	0	+5	—5	+15	+5	+28	+10

15. Übung: Rückenlage, Beine senkrecht gehoben, Beinsenken nach rechts und links.

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
5 nach jeder Seite	5	30	+25	—5	+5	—15	+20	+10	+24	+14

16. Übung: Kniestand mit geöffneten Knien, Rumpfbeugen seitwärts mit Nachfedern.

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
5 nach jeder Seite	6	30	+20	0	+5	—15	+20	+5	+18	0

17. Übung: Kniestand mit geöffneten Knieen, Rumpfbeugen seitwärts mit Nachfedern.

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
10 nach jeder Seite	4	30	+20	—5	+5	—10	+25	0	+24	0

18. Übung: Grätschstand, Arme seithochheben und federndes Rumpfseitbeugen.

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
5 nach jeder Seite	6	30	+20	+5	+5	—10	+35	+5	+52	+8

19. Übung: Rückenlage, Überschlag, Kerze.

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
3	4	20—22	+25	+10	+15	—15	+20	—5	+16	+12
8	1	30	+25		0		+25		+24	

20. Übung: Kniestand mit geöffneten Knieen, Arme im Hüftstütz, Rumpfsenken rückwärts.

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
5	3	30	+25	+10	+5	0	+25	+5	+24	+20

21. Übung: Hocke mit geöffneten Knien, Wechsel zwischen Liegestütz und Hocke.

Zahl d. Übung	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
8	3	30	+25	+15	+5	—10	+35	+15	+44	+16

22. Übung: Vierfüßlerstand (Hände stützen kurz vor den Knieen) Knie strecken und beugen im Wechsel.

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
10	5	30—40	+10	—5	+5	—15	+20	+5	+40	+9

Kniebeugeübungen.

23. Übung:

Zahl d. Übung.	Zahl d. Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr. Max.	Zunahme syst. Dr. Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Zunahme diast. Dr. Min.	Zunahme d. Amplit. Max.	Zunahme d. Amplit. Min.	Zunahme d. Pulses Max.	Zunahme d. Pulses Min.
10	8	22—23	+30	0	0	—35	+60	+10	+52	+22
24. Übung:										
15	6	30—35	+25	+5	0	—10	+30	+15	+26	+24
25. Übung:										
20	6	30	+45	—5	—15	—30	+60	+15	+28	0

Vergleichende Kniebeugeübungen, ausgeführt von 2 Personen.

Zahl d. Übungen Kniebeugen	Pers.	Übungszeit sec	Zunahme syst. Dr.	Zunahme diast. Dr.	Zunahme d. Ampl.	Zunahme d. Pulses
10	1. Pers.	22	+35	—25	+60	+52
10	2. Pers.	25	+5	—10	+15	+16
20	1. Pers.	45	+45	—15	+60	+36
20	2. Pers.	44	+20	—30	+50	+28
30	1. Pers.	50	+35	—25	+60	+32
30	2. Pers.	56	+35	—5	+40	+24
40	2. Pers.	72	—25	—25	0	+20

Aus diesen Tabellen sind nur die absoluten höchsten und niedrigsten Zunahmewerte der einzelnen Kreislaufreaktionen aller beteiligten Personen zu erkennen. Der Unterschied der Beanspruchung des Kreislaufs, der sich in den Einzelkurven in vielen Fällen bei den Übungen, die mit und ohne gleichmäßiges Atmen ausgeführt wurden, zeigte, kommt daher nicht genügend zum Ausdruck, weil

die Zahl der Personen und die Personen selbst bei den einzelnen Übungen etwas variierten. Bei den ersten 11 Übungen habe ich die Pulswerte deshalb nicht angegeben, weil mir einige Werte fehlten. Die Pulserhöhung bei diesen Übungen entsprach, soweit ich sie gemessen habe, denen der anderen Übungen.

Zum Schluß habe ich von 11 Versuchspersonen alle möglichen gymnastischen Übungen hintereinander ausführen lassen, z. B. Übungen, die ich untersucht habe, dann Laufen, Springen, Ballspielen u. s. w. um zu sehen, wie die einzelnen Blutdruckkomponenten und der Puls sich bei längerer gymnastischer Arbeit verhalten. Die Pulswerte und die Werte nach der Arbeit wurden in liegender Stellung gemessen. Nachstehende Tabelle zeigt die Resultate mit 3 Ausnahmen. Leider haben diese Versuchspersonen nicht am Ergometer gearbeitet, sodaß ein direkter Vergleich mit der dosierten Arbeit nicht möglich war. Es wurde 20 Min. gearbeitet.

Zahl d. Pers.	Zunahme syst. Dr. Max.	Min.	Zunahme diast. Dr. Max.	Min.	Zunahme Amplit. Max.	Min.	Zunahme Puls. Max.	Min.	5 Minuten nach der Arbeit Zun. Syst.	Zun. Diast.	Zun. Ampl.	Zun. Puls. Max.	Min.
8	+40	+10	+20	—20	+55	+10	+48	+10	0	0	0	+22	0
1	0		—5		+5		+10		0	0	0	0	
1	—10		—20		+10		+28		+10	+10	0	+14	
1	+30		—5		+35		+32		0	—20	—20	+8	

Auswertung der Resultate.

Der Puls zeigte sich empfindlicher als der Blutdruck, denn schon bei Übungen, bei denen der Blutdruck nicht reagierte, stieg der Puls um ungefähr 10 Schläge in der Minute. Bei einem Teil der gymnastischen Übungen war eine korrekte Pulszählung nach der Arbeit aus technischen Gründen nicht durchführbar. Aus den Arbeitskurven bei den dosierten Arbeiten ersehen wir, daß der Puls nach der Arbeit sehr schnell in den ersten Sekunden absinkt. Es fand manchmal ein Pulsabfall von 48 Schlägen in der ersten halben Minute nach der Arbeit statt. Die Pulszählung als empfindlichere Methode weist natürlich eine höhere Fehlerquelle insofern auf als die Pulszählung eine gewisse Zeit erforderte, innerhalb welcher der Puls bereits absank. Bei dem systolischen und diastolischen Blutdruck war es ziemlich gleich, ob während oder sofort nach der Arbeit gemessen wurde, weil der Blutdruck gleichmäßiger als der Puls zur Ruhe zurückkehrt. Der systolische Druck fällt meistens in der ersten halben Minute nicht so stark ab wie der Puls, kehrt aber trotzdem früher zur Ruhe zurück. Wenn auch die Blutdruck- und Pulsmessungen am Fahrradergometer genauer sind als bei den gymnastischen Übungen, so können wir trotzdem nicht mit Bestimmtheit behaupten, daß die am Fahrrad meßbare Arbeit allein die jeweiligen Puls- und Blutdruckwerte hervorgerufen hat. Als absolutes Maß der Arbeitsbelastung des ganzen Körpers kann das

Fahrradergometer nicht angesehen werden, da beim Radfahren neben der dynamischen Arbeit auch statische Arbeit geleistet wird. Das Fahrradergometer zeigt ja nur die dynamische Arbeitsleistung an, während die Blutdruck- und Pulswerte von der Summe aus der dynamischen und statischen Arbeit abhängen. Praktisch wird wohl eine genaue Messung der gesamten Arbeitsleistung eines Menschen rein ergometrisch nie durchzuführen sein. Aus meinen Blutdruckmessungen und Pulszählungen in der Ruhe habe ich ersehen, daß eine bestimmte Fehlergrenze bei Blutdruckmessung und Pulszählung in Betracht gezogen werden muß. Bei der Blutdruckmessung kommt außer den Fehlern, die durch schwer erkennbare Faktoren (Vasomotorenreflex, Temperaturunterschiede, psychische Assoziationen u. s. w.) entstehen, noch die Trägheit des Instruments in Frage, die nach Tigerstedt sogar für das Quecksilbermanometer anzunehmen ist. Dick hat bei 100 Studenten Messungen in der Ruhe alle 5 Minuten eine Stunde lang angestellt und im Einzelfall eine Abweichung von ±5,18 erhalten. Bei meinen Untersuchungen betrug die Schwankungsbreite in der Ruhe ±10 im Maximum und ±4 im Minimum für den systolischen und für den diastolischen Druck. Wenn wir auch diese Fehler in Abrede stellen würden, so können wir trotz der Parallelen, die wir zwischen der Reaktionsart des Kreislaufs bei den gymnastischen Übungen und der dosierten Arbeit finden, niemals aus einem Vergleich der Arbeitskurven erkennen, welche Arbeit bei den Übungen eigentlich geleistet wird. Wir müssen dem Kurvenverlauf nach annehmen, daß Blutdruck und Puls nicht genau parallel zur Arbeitsbelastung reagieren, sondern daß auch noch andere Komponenten mitwirken. Über die Beeinflussung durch chemische Produkte bei und nach der Arbeit, durch hydrostatische Momente, durch den intrathorakalen Druck bei der Atmung u. s. w. kann kein sicheres Urteil gefällt werden. Nach den Untersuchungen von Kisch wissen wir, daß die Art der Atmung rückwirkend auf den Sauerstoffgehalt des Blutes ist und daß eine Behinderung der Sauerstoffausnützung eine Steigerung des arteriellen Blutdruckes und des Herzminutenvolumes zur Folge hat. Staehelin hat wieder auf Einwirkung von Sinnesreizen auf den Kreislauf aufmerksam gemacht. Oswald Moritz behauptet, daß es nicht die Größe der Arbeit, sondern die Größe der Ermüdung ist, welche die Höhe des Blutdruckanstiegs bewirkt. Je mehr Willensstärke bezw. Aufmerksamkeit angewandt werden muß, um trotz des Erholungsbedürfnisses des Muskels die Arbeit fortzusetzen, desto höher steigt der Blutdruck. Anastasius und Carvallo sind der Meinung, daß die Hauptursache der Acceleration rein nervöser Natur bei Muskelarbeit ist, und zwar ein peripher-sensibler Reiz vom Muskel zur Medulla. Dabei tritt Lähmung der herzhemmenden Vorrichtung ein. Sie lehnen die rein psychische Herkunft ab. Tigerstedt nimmt an, daß die Reizung sensibler Nerven reflektorisch sowohl die verlangsamenden wie beschleunigenden Herznerven beeinflußt, bald die einen, bald die anderen

nach verschiedener Stärke. Bis jetzt ist es mit Sicherheit noch nicht erwiesen, wie und in welcher Reihenfolge die 4 Kreislaufkomponenten, der systolische Druck, der diastolische Druck, die Amplitude und der Puls sich untereinander ergänzen. Es steht nur fest, daß sie voneinander abhängig sind. Wie verschieden sich aber die einzelnen Komponenten untereinander ergänzen können, zeigen z. B. meine drei Gruppen bei den Arbeiten am Ergometer recht deutlich. Welche von den Gruppen die leistungsfähigste war, wage ich nicht zu unterscheiden, doch schien mir immer wieder, als ob die dritte Gruppe diejenigen Versuchspersonen enthielt, die am stärksten angestrengt wurden. Es scheint also doch so, als ob der sinkende diastolische Druck ein Zeichen von einer Insuffizienz der Blutgefäße und keine zweckmäßige Reaktion ist.

Zusammenfassung.

Es wurden an insgesamt 45 Personen 350 Arbeitsversuche angestellt, mit ungefähr 3000 Blutdruckmessungen, die den Zweck haben sollten, festzustellen, welche Arbeit bei 25 gymnastischen Übungen im Vergleich zu einer genau dosierten Arbeit geleistet wird. Als Kriterien der Arbeitsleistung wurden Pulsfrequenz, systolischer und diastolischer Blutdruck und die Amplitude, vor, während und nach der Arbeit verwendet. Als Basis der Größe der Leistung wurde eine Arbeit am Fahrradergometer gewählt, die nach Zeit, Bremswiderstand und Geschwindigkeit genau festgelegt wurde. Bei dieser dosierten Arbeit konnten drei Reaktionstypen festgestellt werden. Die erste Gruppe charakterisierte sich durch relativ hohe Pulsfrequenz und relativ niedrigen systolischen Druck für die Dauer des Versuchs, während die zweite Gruppe das gegenteilige Verhalten zeigt, wobei in beiden Gruppen der diastolische Druck relativ konstant blieb; Pulsfrequenz und Blutdruck stiegen und sanken in den beiden Gruppen annähernd gleichzeitig. Die dritte Gruppe verhielt sich ähnlich wie die zweite, zeigte aber als Hauptmerkmal im Verhalten des diastolischen Druckes während der Arbeit die Tendenz zum Sinken. Am wenigsten leistungsfähig schien die Gruppe 3. Beim Variieren der Testversuche blieben diese Gruppen im wesentlichen erhalten. Bei den gymnastischen Übungen konnten diese Gruppen nicht unterschieden werden, doch reagierte jede der Versuchspersonen bei allen gymnastischen Übungen in einer ihr eigentümlichen Reaktionsart. Aus diesem Verhalten geht hervor, daß Meßvergleiche zwischen gymnastischen Übungen und einer bestimmten dosierten Arbeit nur beschränkt möglich sind. Nimmt man die Höhe der Pulsfrequenz und die Höhe des systolischen Druckes bezw. das Sinken des diastolischen Druckes als Merkmal der Beanspruchung des Kreislaufs, so läßt sich folgendes sagen: Die Belastung des Kreislaufs durch die vorgenommenen gymnastischen Übungen, die den mittleren Anforderungen bei Gymnastik entsprechen, hält sich scheinbar fast durchweg unter der der gewählten Testarbeitsversuche. In Wirklichkeit ist ein Vergleich nicht möglich,

da die verschiedenen Komponenten in der Kürze der Zeit nicht die Möglichkeit haben, der Arbeit pro Sekunde entsprechend zu reagieren. Das Maximum des Reaktionsausschlages liegt bei den Arbeitstestversuchen wie bei den gymnastischen Übungen im Anfangsteil der Kurve, was bei Leistungsprüfungen immer beachtet werden müßte. Es ist aber nicht möglich, generell den Zeitpunkt des stärksten Reaktionsausschlages festzulegen. Da noch zahlreiche andere Faktoren, wie individuelle statische Verhältnisse, Reaktionstypen, psychische Einflüsse u. s. w. für den Reaktionsausschlag von maßgebender Bedeutung sind, ist der Wert von Leistungsprüfungen selbst bei annähernd gleicher körperlicher Durchschulung und gleichen Bedingungen, wie es sich aus meinen Kurven ergibt, ein sehr problematischer.

Literaturverzeichnis.

1. Dr. Albert Albu, B. kl. W. 1897, S. 203.
2. Rudolf Ackermann, Zschr. f. kl. M. Bd. 103, S. 800, 1926.
3. Dr. Erwin Adler, klin. W. 1926, No. 24.
4. Anastasius und Cavallo, Arch. d. Phys. 1898.
5. Edgar Atzler, Körper und Arbeit, Handbuch der Arbeitsphysiologie.
6. Dr. Oskar Bruns, M. m. W. 1904 S. 1003.
7. Prof. Bruns u. Dr. G. A. Roemer, Zschr. f. klin. Med. 1922 Bd. 94 S. 27.
8. Bramwell, Brighten u. Reginald Ellis, Arch. physiol. 2, 1929 S. 51—60.
9. Bansi u. Groscurth, Zschr. f. Kreislforsch. 1930 No. 22 S. 657—664.
10. O. Bruns, M. m. W. 1921 No. 29.
11. Beck u. Epstein, W. kl. W. 1908 No. 15.
12. David G. Christ, Ann. int. med. 1931 No. 4 945—958.
13. H. Christ, In.-Diss. Basel 1894.
14. De la Camp, Zschr. f. klin. Med. 1903 Bd. 51 S. 1.
15. Dick, Arch. int. med. 1929.
16. Dr. Felix Deutsch, Wien. kl. W. 1928.
17. F. Deutsch u. E. Kauf, Herz und Sport, Berlin-Wien 1924 Urben u. Schwarzenberg.
18. Prof. Hans Dietlen, M. m. W. 1919 S. 9.
19. Grünbaum u. Amson, Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1901 Bd. 71 S. 539.
20. Holzknecht u. Hofbauer, Zschr. f. klin. Med. No. 70 S. 358.
21. Hug Oskar, Schweiz. med. W. Jahrg. 58 1928.
22. Dr. Anton Hittmair, Med. Klinik 1931 II S. 1307—1309.
23. Karl Hang u. Rudolf Jaenisch, Zschr. f. kl. Med. 1930 Bd. 140.
24. Dr. med. Herxheimer, Zschr. f. klin. Med. 1926 103 S. 722.
25. — Zschr. f. klin. Med. 1924 98.
26. — Zschr. f. d. ges. exper. M. 1923 35 S. 243.
27. Hering, Deutsch. med. W. 1931 I 528—530.
28. A. Jaquet, Rektoratsprogramm 1920.
29. Dr. Franz Kisch, Wien. klin. W. 1927 5. S. 1227.
30. Liljestrand u. Stendström, Skand. Arch. f. Physiol. 1920 39.
31. Lipschütz, In.-Diss. Berlin 1912.
32. Landois-Rosemann, Lehrbuch der Physiologie des Menschen 1923.
33. M. Moritz, M. m. W. 1908 S. 713.

34. Dr. Oswald Moritz, Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1903 Bd. 77.
35. Masing Ernst, klin. Med. 1902 Bd. 74.
36. Dr. med. W. Mußler u. Dr. phil. G. Rückle, Zschr. f. Kreislforsch. 1927 No. 19.
37. Martini u. Thaddea, Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1930 169 S. 205—211.
38. Matteef, Dragomir, klin. Wschr. 1931 S. 1027—1030.
39. Moritz u. Dietlen, M. m. W. 1908 No. 10 S. 489.
40. Nikolai u. Zuntz, B. kl. W. 1914 No. 18 S. 821.
41. H. Rautmann, Zschr. f. kl. Med. 1924 96.
42. Rautmann, Deutsch. med. W. 1925 No. 14.
43. Dr. Erich Spohr u. Dr. H. Lampert, M. m. W. 1930 No. 12.
44. Straßburger, Zschr.. f. kl. Med. 1904 Bd. 54.
45. Schellon, kl. W. 1930 No. 92, klin. Med. 1930 No. 29.
46. A. Staehelin, In.-Diss. Basel, 1897.
47. Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 1923.
48. Tangl u. Zuntz, Arch .f. d. gesamt. Physiologie. Bd. 70.
49. Tuttle W. W., Proc. Soc. exper. Biol. a. med. 1931 28 S. 598 bis 599.
50. Weiß R. F., Zschr. f. Kreislaufforsch. Jg. 20. 1928 H. 8 S. 217—225.

Lebenslauf.

Ich, Thea Budnick wurde am 28. Januar 1905 zu Johannishof bei Angeburg (Ostpreußen) geboren und habe mein Staatsexamen am 26. Juni 1931 in München beendet. Meine Approbation fand am 17. August 1932 statt.